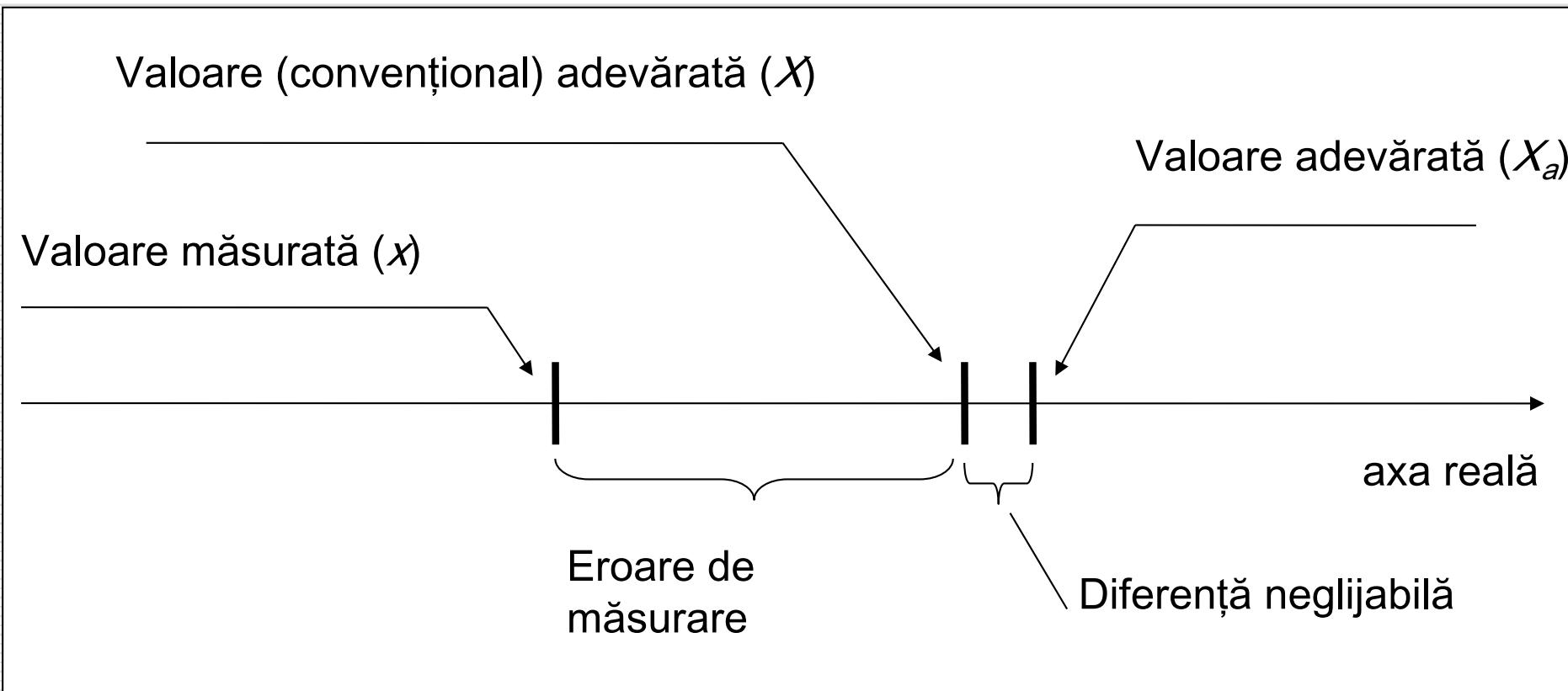




NOTIUNI GENERALE DE METROLOGIE

Erori absolute, relative și raportate - terminologie



Erori absolute, relative și raportate - definiții

Eroarea absolută

$$\Delta = x - X$$

Eroarea relativă

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \approx \frac{\Delta}{x}$$

Eroarea raportată

$$\delta_r = \frac{\Delta}{X_c}$$

Erori și incertitudini de măsurare

Erori absolute, relative și raportate - observații

Eroarea absolută

pozitivă, negativă, nulă;
mărime dimensională (are unitatea măsurandului);
nu reflectă gravitatea erorii.

Eroarea relativă

reflectă gravitatea erorii;
mărime adimensională (proccente, părți pe milion).

Erori relative și raportate - exprimare (prezentare)

În procente

$$\delta = \delta \cdot 100 \ [%]$$

În părți pe milion

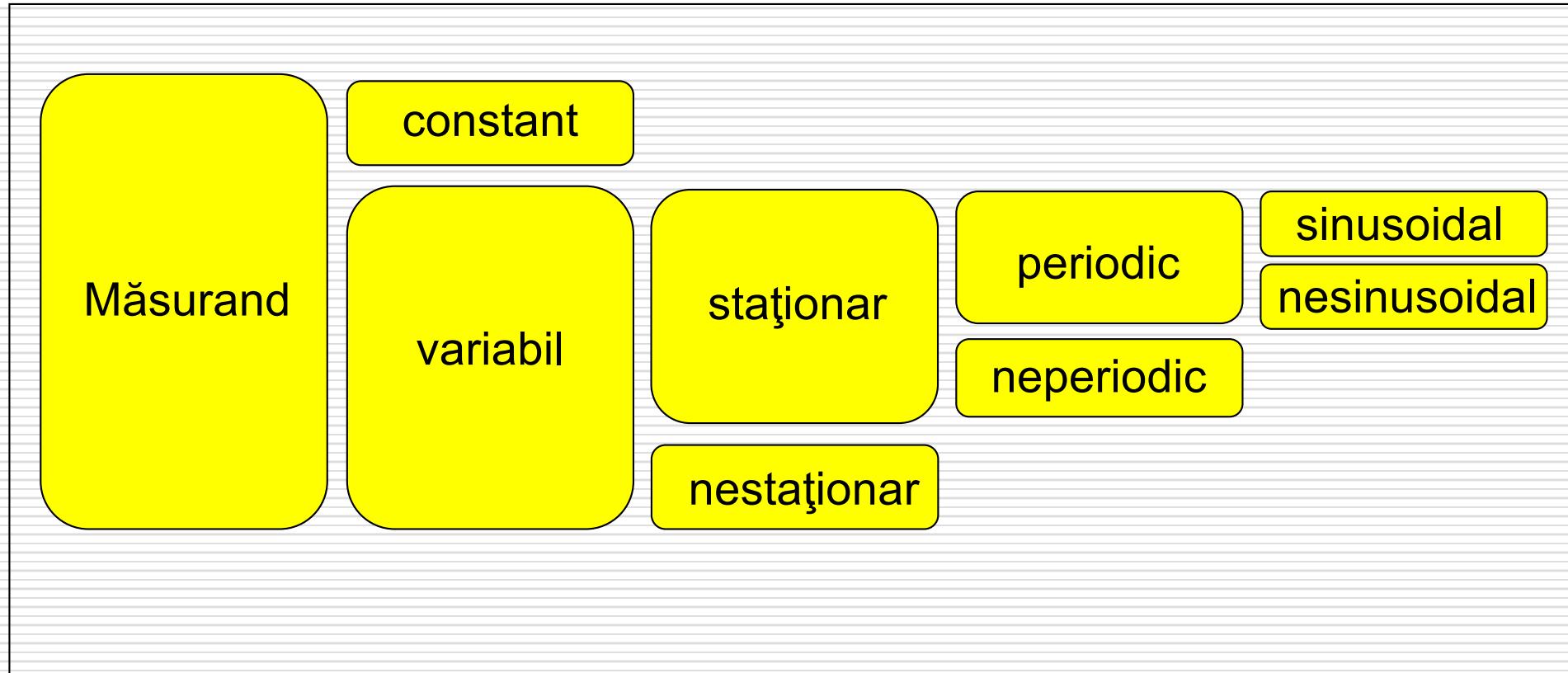
$$\delta = \delta \cdot 10^6 [ppm]$$

Exemple.

$$\delta=0,002 = 0,2 \% = 2\,000 ppm$$

$$\delta=0,00002 = 0,002 \% = 20 ppm$$

Mărimi constante și mărimi variabile în timp



Introducere

Metrologia este știința care „studiază unitătile de măsură și metodele de măsurare a mărimilor fizice“

Măsurarea reprezintă ansamblul operațiilor experimentale efectuate pentru obținerea de informații cantitative asupra unor proprietăți ale unui obiect sau fenomen.

Rezultatul măsurării = valoarea măsurată

GRESIT

Observație importantă

Toate măsurările sunt afectate de erori. În majoritatea situațiilor practice erorile sunt necunoscute, dar se pot estima limitele lor; acestea determină o incertitudine asupra rezultatului, astfel încât rezultatul măsurării se prezintă sub forma:

Rezultatul măsurării = valoarea măsurată \pm incertitudinea de măsurare

De fapt, aşa cum se va vedea ulterior, rezultatul oricărei măsurări se prezintă sub forma

$$x = x_m \pm u, P = 0,yy,$$

unde

- x_m este valoarea măsurată
- u este incertitudinea de măsurare
- P este nivelul de încredere.

Introducere

Exemplu:

$$R = 99 \Omega \pm 1 \Omega, P = 0,95 \text{ (95%).}$$

Interpretare

Valoarea adevărată (reală) a rezistenței este cuprinsă în intervalul $[98 \Omega, 100 \Omega]$ cu o probabilitate de 95 %. Cu alte cuvinte, probabilitatea ca valoarea adevărată a rezistenței să fie în afara intervalului de mai sus este de 5 %.

Observație.

Incertitudinea poate fi omisă dacă utilizatorul are idee despre mărimea ei.

Exemple

1. Nimeni nu spune: Este ora $16:20 \pm 1$ minut, ci simplu 16:20; este de presupus că nici un ceas nu “minte” cu mai mult de un minut.
2. În pașaport înălțimea persoanei este specificată, de exemplu, ca 158 cm și nu ca $158 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$ încrât este de presupus că înălțimea reală nu diferă de 158 cm cu mai mult de 1 cm.

Mijloacele de măsurare

Mijloacele de măsurare

Mijloace de măsurare = mijloacele tehnice care servesc la obținerea informației de măsurare.

Mijloace de măsurare

- măsuri
- aparat de măsurat

Mijloacele de măsurare

Măsura = mijlocul de măsurare care reproduce una sau mai multe valori cunoscute ale unei mărimi fizice.

Exemple: riglă gradată, greutate, rezistor.

Măsurile - destinate *conservării* unităților de măsură (*stabilitate* în timp și la acțiunea diferenților factori de mediu).

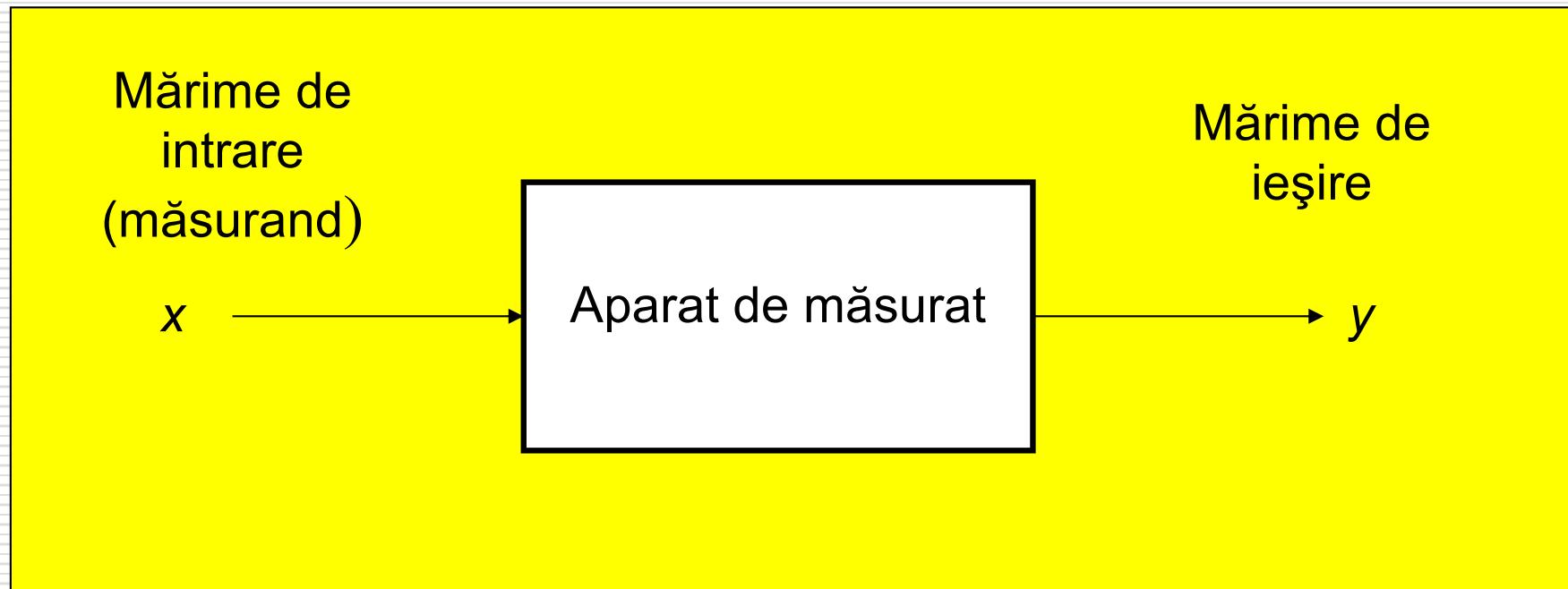
Mijloacele de măsurare

Aparatul de măsurat = mijlocul de măsurare care servește la efectuarea măsurărilor prin conversia măsurandului într-o mărime fizică adecvată utilizării ulterioare.

Exemple: balanță, ampermetru, voltmetru, osciloscop.

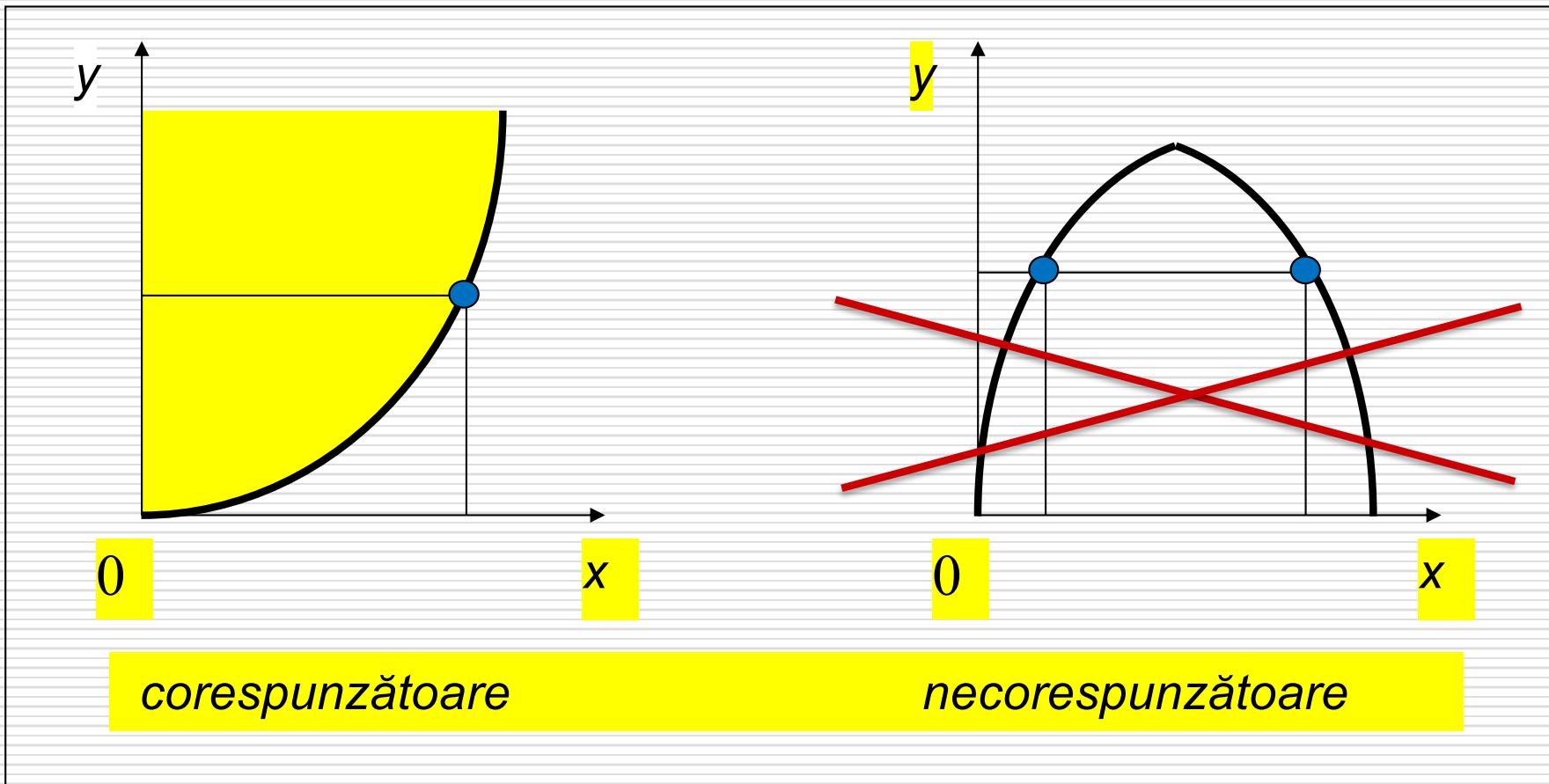
Mijloacele de măsurare

Reprezentarea simplificată a unui aparat de măsurat



Mijloacele de măsurare

Dependența dintre mărimea de ieșire (y) și măsurand (x)



Caracteristica de transfer statică = dependența dintre mărimea de ieșire și mărimea de intrare, în regim static.

$$y=f(x)$$

Caracteristica de transfer statică poate fi liniară sau neliniară.

Rezoluția unui aparat de măsurat - cea mai mică variație a măsurandului care poate fi apreciată la ieșirea acestuia.

- o fracțiune dintr-o diviziune ($1/5$, $1/3$ sau $1/2$) - la aparatele analogice
- un bit (1 LSD, un digit) - la aparatele numerice

Rezoluția se exprimă, de obicei, în unitatea de măsură a măsurandului.

Exemplu. Un voltmetru numeric are domeniul de 2 V, valoarea maximă afișată fiind de 1,999 V. Rezoluția acestui voltmetru este de 1 mV.

Sensibilitatea S a unui aparat de măsurat - raportul dintre variația mărimii de ieșire și variația corespunzătoare a măsurandului.

$$S = \frac{dy}{dx}$$

Scără liniară - sensibilitate constantă

Mijloacele de măsurare

Pragul de sensibilitate - cea mai mică variație a măsurandului care poate fi pusă în evidență de către aparatul de măsurat.

Exemplu. Un microampermetru are domeniul de $100 \mu\text{A}$, scara de 100 diviziuni și rezoluția de $0,5 \mu\text{A}$ (0,5 diviziuni) însă acul său nu deviază decât pentru un curent de cel puțin $1 \mu\text{A}$. Ca urmare, pragul de sensibilitate al aparatului este de $1 \mu\text{A}$.

Precizia instrumentală

Precizia instrumentală - cea mai importantă caracteristică metrologică a unui mijloc de măsurare.

Mijloacele de măsurare

Eroarea instrumentală = abaterea indicației aparatului de măsurat față de valoarea adevărată.

Eroarea instrumentală înglobează toate erorile datorate aparatului de măsurat.

Acuratețea de măsurare reprezintă calitatea unui instrument de a indica o valoare cât mai apropiată de valoarea convențională adevărată a măsurandului. Nu trebuie să facem confuzie între **acuratețea de măsurare și eroarea absolută**.

Precizia de măsurare reprezintă o exprimare a consistenței în apropierea valorilor indicate de instrument. Cu alte cuvinte, precizia instrumentului se manifestă în situația în care după un număr suficient de mari de citiri ale aceluiași măsurand, obținem valori similare.

Rezultatul unei măsurări poate fi considerat **just** dacă media unor operații de măsurare succesive este apropiată de valoarea adevărată a măsurandului, chiar dacă dispersia indicațiilor este relativ mare.

Mijloacele de măsurare

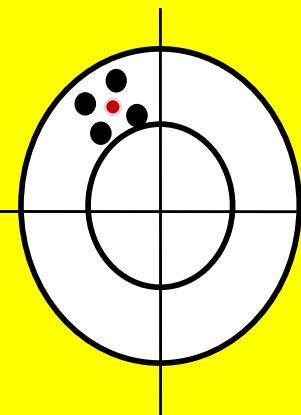
Discutăm despre **repetabilitate** în cazul în care procedurile noastre de măsurare au avut loc în aceleași condiții de mediu, locație și s-au desfășurat pe o perioadă scurtă de timp.

Discutăm **reproductibilitate**, dacă procedurile noastre de măsurare au avut loc în condiții de mediu diferite, în locații diferite și s-au desfășurat pe o perioadă extinsă de timp.

Repetabilitatea (fidelitatea) - calitatea unor măsurări repetitive ale aceluiași măsurand de a furniza rezultate apropiate între ele.

Justețea - calitatea unor măsurări repetitive ale aceluiași măsurand de a furniza rezultate a căror valoare medie să fie apropiată de valoarea adevărată a măsurandului.

- rezultat individual
- valoarea medie



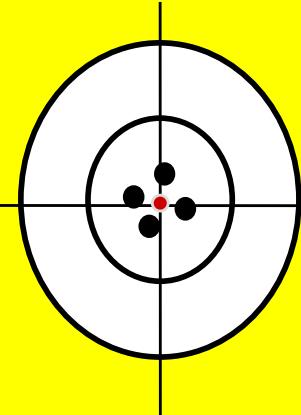
Repetabilitate

+



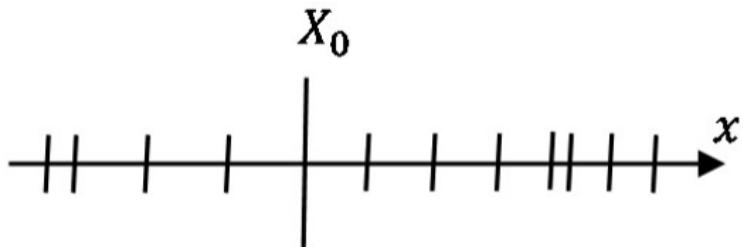
Justețe

=

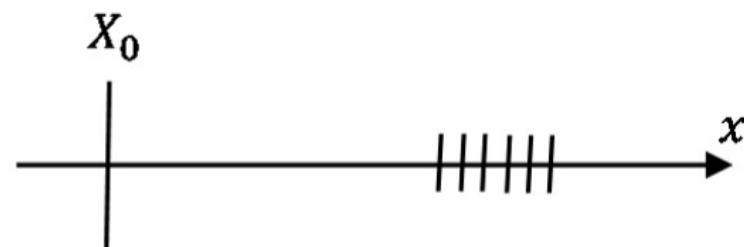


Acuratete

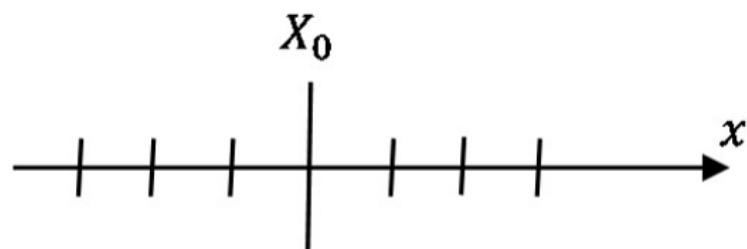
Mijloacele de măsurare



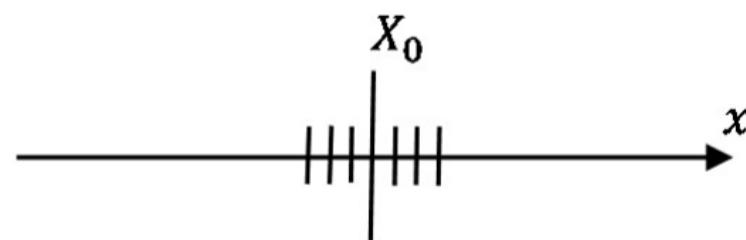
Precizie scăzută
Acuratețe scăzută



Precizie bună
Acuratețe scăzută



Justețe



Precizie bună
Acuratețe bună

Mijloacele de măsurare

dy/dx - sensibilitate utilă

- cât mai mare

dy/dp - sensibilități parazite

- cât mai mici

Exemplu.

Un aparat de măsurat are domeniul de 100 V și scara gradată de 100 diviziuni. Indicația aparatului se modifică cu 10 diviziuni la modificarea temperaturii cu 1 K.

Aparatul se pretează mai bine la măsurarea temperaturii

decât a tensiunii .

Eroarea absolută tolerată la aparatelor numerice

$$\Delta_t = a\% \times \text{val. măsurată} + b\% \times \text{dom. de măsurare} + n \text{ digitii} \quad (a)$$

$$\Delta_t = a\% \times \text{valoarea măsurată} + c\% \times \text{domeniul de măsurare} \quad (b)$$

$$\Delta_t = a\% \times \text{valoarea măsurată} + m \text{ digitii} \quad (c)$$

Un digit reprezintă o unitate a celui mai puțin semnificativ rang.

Exemplu. La un voltmetru cu $3\frac{1}{2}$ cifre și domeniul de 2 V, un digit reprezintă 1 mV (valoarea afișată este x,xxx V).

Incertitudine de măsurare. Interval de încredere. Nivel de încredere

În practică, determinarea erorilor se face numai în situații speciale, cum ar fi verificarea metrologică a mijloacelor de măsurare.

La măsurările curente se estimează o *limită* a erorilor, cu ajutorul erorii tolerate specificate pentru mijlocul de măsurare utilizat. Această limită determină *incertitudinea de măsurare*.

Erori și incertitudini de măsurare

Interval de încredere - Incertitudinea de măsurare determină un interval în care se apreciază, cu o anumită probabilitate, că se află valoarea adevărată a măsurandului.

Limite de încredere - extremitățile intervalului de încredere.

Nivel de încredere - probabilitatea cu care se apreciază că valoarea adevărată a măsurandului se află în intervalul de încredere.

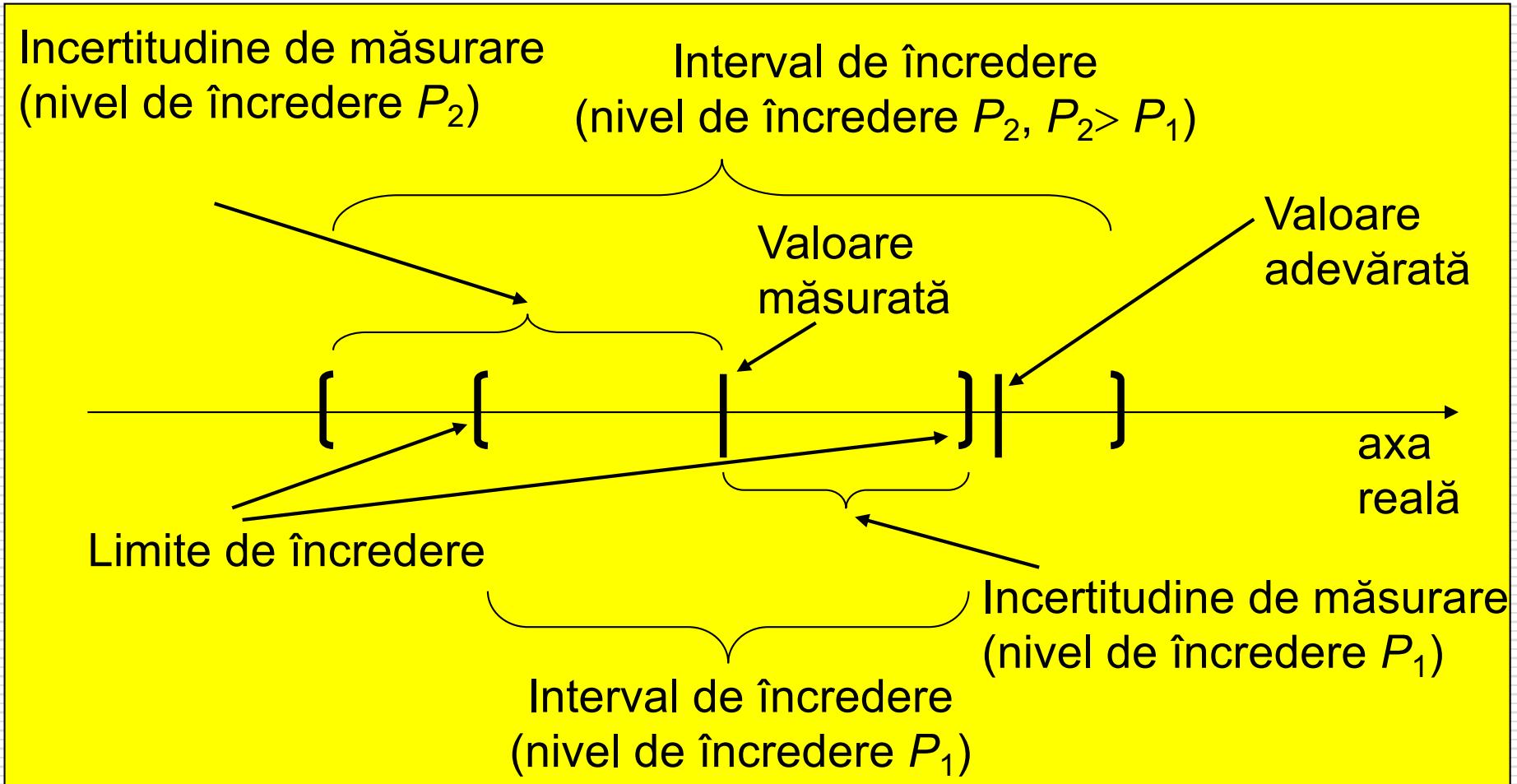
Rezultatul oricărei măsurări se prezintă sub forma

$$x = x_m \pm u, P = 0,yy,$$

unde

- x_m este valoarea măsurată
- u este incertitudinea de măsurare
- P este nivelul de încredere

Incertitudine de măsurare, interval de încredere, limite de încredere



Dacă incertitudinea de măsurare se ia egală cu eroarea tolerată a mijlocului de măsurare, nivelul de încredere este de 100%. În acest caz, valoarea adevărată a măsurandului poate fi situată oriunde în intervalul de încredere, dar nu în afara lui.

În practică sunt situații în care este convenabil sau uzual să se indice o incertitudine mai mică decât eroarea tolerată. Nivelul de încredere corespunzător este și el mai mic; el depinde de legea de distribuție a erorilor de măsurare însă, ca regulă generală, cu cât se specifică o incertitudine mai mică decât eroarea tolerată, cu atât nivelul de încredere este mai mic.

Exemplu

Cu un voltmetru având domeniul de 100 V și eroarea absolută tolerată de 2 V se măsoară o tensiune de 48 V. Rezultatul măsurării se poate prezenta sub forma

$$U = 48 \pm 2 \text{ V}, P=100\%$$

sau sub forma

$$U = 48 \pm 1 \text{ V}, P=50\%,$$

cele două forme fiind echivalente.

Observație. Se admite o repartiție uniformă a erorilor aparatului.

Numai în acest caz se poate aplica regula de trei simplă.

Reguli pentru prezentarea rezultatelor

Incertitudinea și eroarea de măsurare trebuie exprimate cu cel mult două cifre semnificative.

Exemplu.

$$\delta = 0,33333\dots\% \approx 0,3\% \text{ (sau } 0,33\%).$$

Reguli pentru prezentarea rezultatelor

Numărul care exprimă rezultatul măsurării se rotunjește astfel ca rangul ultimei sale cifre să fie același cu rangul ultimei cifre a incertitudinii.

Exemplu.

$$R=87,666\dots \pm 2 \Omega \Rightarrow R=88 \pm 2 \Omega$$

Reguli pentru prezentarea rezultatelor

Valoarea nivelului de încredere se atașează ca indice la simbolul măsurandului sau se indică distinct de rezultat, separat de acesta prin punct și virgulă.

Exemplu.

$$I = 2,01 \pm 0,02A; P=95\%.$$

Erori și incertitudini de măsurare

Erori aleatoare, sistematice și grosolane

Erorile aleatoare sunt erori care se modifică imprevizibil, atât ca valoare cât și ca semn, la repetarea măsurării în condiții practic identice.

Erorile sistematice sunt erori care nu se modifică la repetarea unei măsurări în condiții practic identice.

Erorile grosolane sunt erori care depășesc considerabil limitele erorilor justificabile pentru procesul de măsurare respectiv.

Erori aleatoare

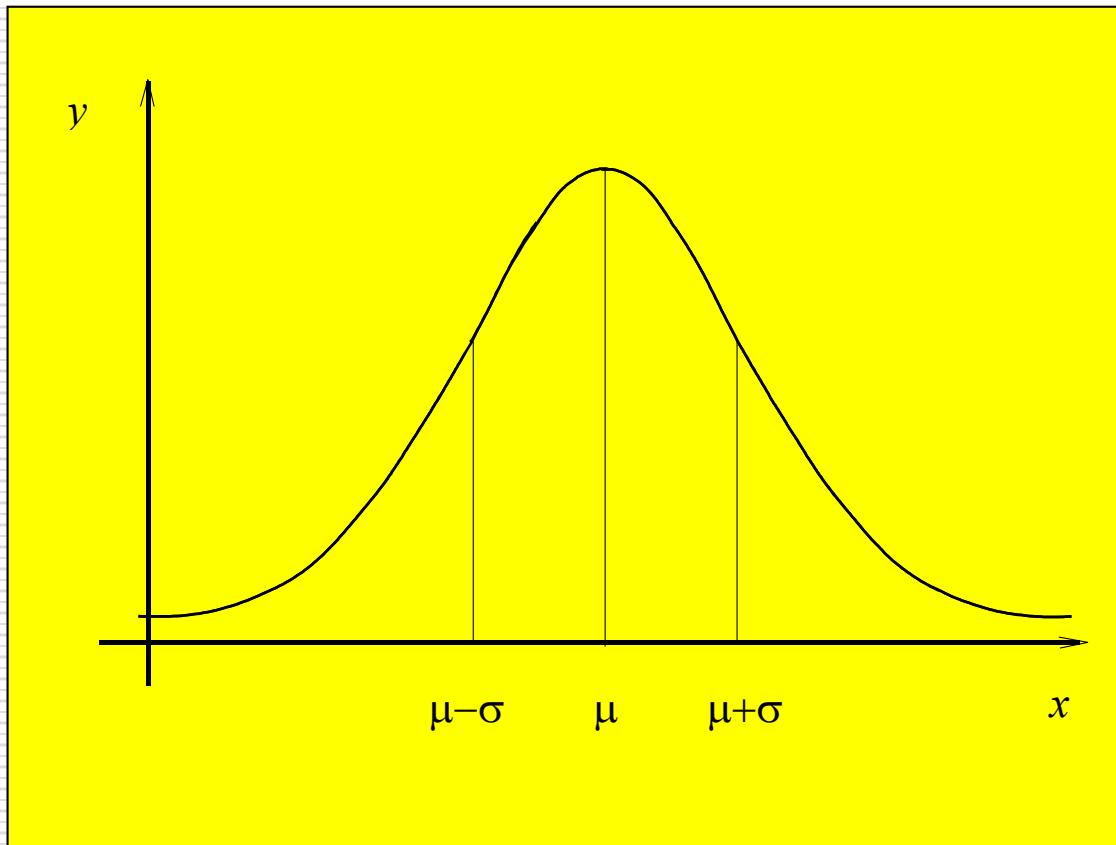
cauza – fluctuații relativ rapide ale unor factori care influențează măsurarea (mărimi de influență propriu-zise sau caracteristici ale mijloacelor de măsurare).

Distribuția erorilor aleatoare – diferite legi de repartiție

În majoritatea situațiilor practice se poate admite că rezultatele măsurărilor respectă legea de *repartiție normală*.

Erori aleatoare

Distribuția erorilor aleatoare - repartiția normală (Gauss)



$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Repartiția normală – date caracteristice

Intervalul	Probabilitatea	Numărul de cazuri în afara intervalului
$\mu \pm \sigma$	68,27%	1 din 3
$\mu \pm 2\sigma$	95,45%	1 din 22
$\mu \pm 3\sigma$	99,73%	1 din 370
$\mu \pm 4\sigma$	99,99%	1 din 15600

Valoarea medie - estimată prin valoarea medie a șirului de rezultate

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Abaterea medie pătratică - estimată prin

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Rezultatul măsurării repetitive a unui măsurand se prezintă sub forma:

$$x = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}, P=0,xx$$

t - coeficient de amplificare (deinde de numărul de măsurări și de nivelul de încredere urmărit).

Coeficientul de amplificare t (repartiția Student)

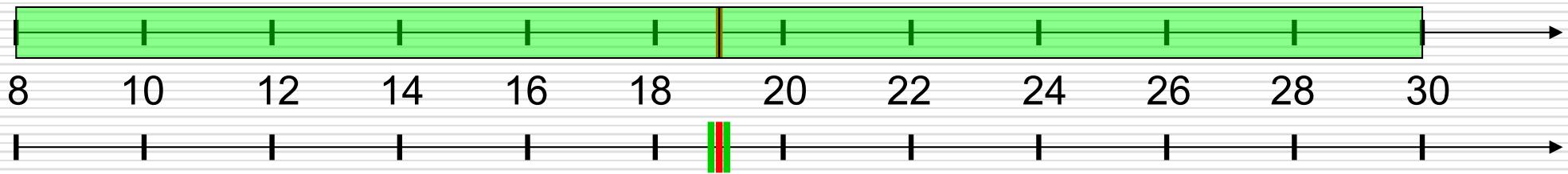
n	P					
	0,683	0,900	0,950	0,955	0,990	0,997
2	1,83	6,31	12,71	13,97	63,66	-
3	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92	19,21
4	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84	9,22
5	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60	6,62
10	1,06	1,83	2,26	2,33	3,25	4,09
20	1,03	1,73	2,09	2,14	2,86	3,45
∞	1,00	1,64	1,96	2,00	2,58	3,00

Erori și incertitudini de măsurare

Exemplu. Fie rezultatul $x = 19,43$ obținut ca medie a două seturi de măsurări, primul cu $n=2$ și $s=0,25$ și al doilea cu $n=20$ și $s=0,25$.

Pentru același nivel de încredere de 99% se obțin intervale de încredere diferite.

x	s	n	\sqrt{n}	t	ts/\sqrt{n}	$x \pm ts/\sqrt{n}$
19,43	0,25	2	1,4	63,66	11,36	19 ± 11
19,43	0,25	20	4,5	2,86	0,16	$19,43 \pm 0,16$



Erori sistematice

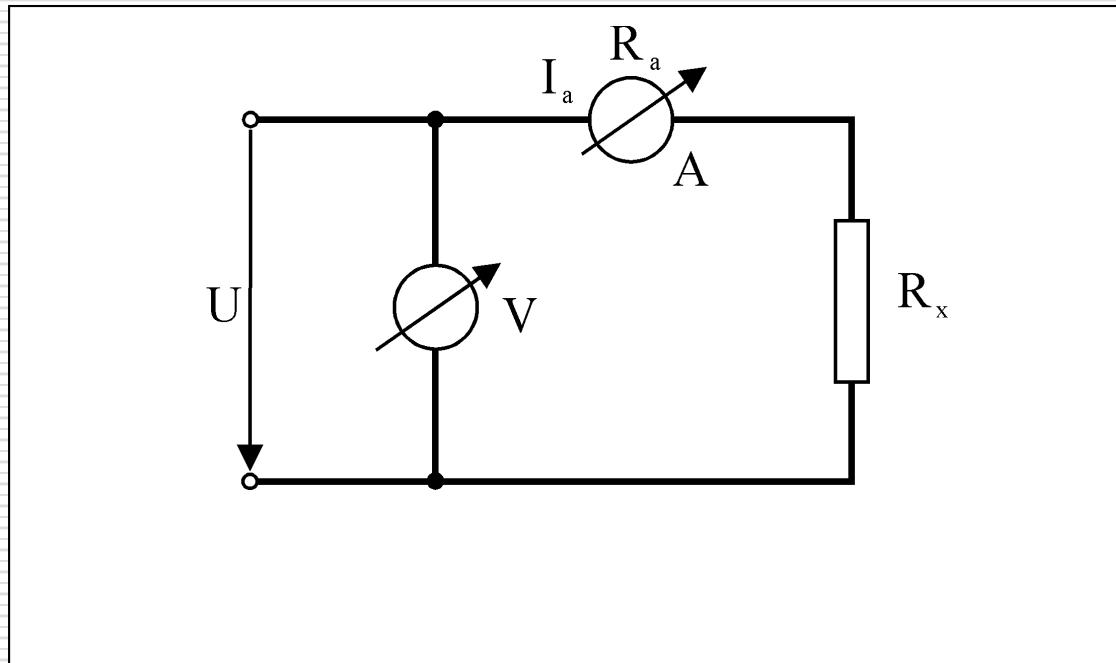
cauza - sursă de proveniență cunoscută (caracteristici ale mijloacelor de măsurare, fluctuații lente ale mărimilor de influență)

Determinarea erorilor sistematice presupune cunoașterea unor informații adiacente care nu rezultă direct din procesul de măsurare și care necesită efectuarea unor măsurări suplimentare asupra surselor care le produc.

Erorile sistematice nu pot fi micșorate prin repetarea măsurării în condiții practic identice.

Erori sistematice

Exemplu



Erori grosolane

- cauza - utilizarea greșită a mijloacelor de măsurare sau a metodelor de măsurare
- criteriu de eliminare: $\pm 3\sigma$ (Grubbs – Smirnov)

Sisteme de unități de măsură

- anglo-saxon
- Sistemul Internațional (de unități de măsură)

Sistem de mărimi fizice

- mărimi fundamentale* - independente între ele
unități fundamentale - în SI: m, kg, s, A, K, mol, cd
- mărimi derivate* - definite în funcție de mărimile fundamentale, pe baza legilor fizicii
unități derivate - exemplu: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 (F = m \times a)$

Sistemul internațional (de unități de măsură)

În România, din 1961, SI - singurul sistem de unități de măsură legal și obligatoriu.

Măsurandul

Mărimi și unități de măsură

Mărime	Unitate de măsură	Simbol
lungime	metru	m
masa	kilogram	kg
timp	secundă	s
intensitatea curentului electric	amper	A
temperatură	kelvin	K
tensiune electrică	volt	V
rezistență electrică	ohm	Ω
capacitate electrică	farad	F
inductanță	henry	H
frecvență	hertz	Hz
lucru mecanic, energie	joule	J
putere	watt	W

Măsurandul

Multipli și submultipli uzuali ai unităților de măsură

Multiplu/submultiplu	Coeficient de multiplicare	Simbol
tera	10^{12}	T
giga	10^9	G
mega	10^6	M
kilo	10^3	k
milli	10^{-3}	m
micro	10^{-6}	μ
nano	10^{-9}	n
pico	10^{-12}	p

Măsurandul

Multipli și submultipli ai unităților de măsură - transformări

Exemple

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$1,245 \text{ k}\Omega = 1245 \Omega$$

$$82 \text{ m}\Omega = 0,082 \Omega = 82 \times 10^{-3} \Omega$$

$$2 \text{ nF} = 2 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$4,7 \text{ pF} = 4,7 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$1 \text{ V} = 1000 \text{ mV} = 0,001 \text{ kV}$$

$$16 \text{ mV} = 0,016 \text{ V}$$

$$10 \text{ MHz} = 10 \times 10^6 \text{ Hz}$$

Propagarea erorilor la măsurările indirecte

Măsurare indirectă - măsurare al cărei rezultat se obține prin calcul, în funcție de rezultatele mai multor măsurări directe

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Exemplu. Măsurarea puterii prin metoda voltampermetrică

$$P=UI$$

Relația pentru calculul **erorii relative limită** a rezultatului

$$\delta_{\lim y} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \frac{x_i}{y} \delta_{t_i} .$$

Eroarea astfel calculată este eroarea în cazul cel mai defavorabil.
Probabilitatea unei astfel de erori este foarte mică.

Măsurări curente, cu erori sistematice predominante

De regulă, predominantă incertitudinea aparatului de măsurat. Ea este specificată sub forma erorii tolerate. După verificarea existenței unor erori de interacțiune sau datorate influențelor exterioare (și eventuala lor corecție), rezultatul măsurării se poate prezenta sub forma:

$$x = x_m \pm \Delta_t$$

x_m - valoarea măsurată

Δ_t - eroarea absolută tolerată

Nivelul de încredere este suficient de înalt (teoretic 100%) și poate fi omis.

Măsurări curente, cu **erori aleatoare importante**

Este necesar să se efectueze cel puțin 4-5 măsurări repetate.

Nivelul de încredere poate fi ales $P = 0,95$.

Dacă incertitudinea sistematică este neglijabilă, rezultatul se exprimă sub forma:

$$x = \bar{x} \pm u, \quad P = 95\%,$$

\bar{x} – valoarea medie

$u = ts/\sqrt{n}$ – incertitudinea aleatoare

Erori și incertitudini de măsurare

- Se execută un număr de 5-10 măsurări (dacă se știe dinainte că $\delta \ll \varepsilon$, se execută numai două măsurări și în continuare nu se mai determină δ).
- Se calculează media \bar{x} a rezultatelor.
- Se calculează estimarea s a erorii medii pătratice.
- Se alege nivelul de încredere P (în general se poate alege $P=0,95$ sau $0,99$).
- Se determină factorul de amplificare t , în funcție de P și n .
- Se calculează eroarea aleatoare estimată $\delta = ts/\sqrt{n}$.

Se evaluează fiecare incertitudine sistematică parțială, estimându-se limitele $\pm a_i$, și se calculează erorile medii pătratice corespunzătoare σ_i .

Se compun incertitudinile sistematice parțiale, obținându-se incertitudinea sistematică totală ε .

Se calculează incertitudinea totală e cu relația

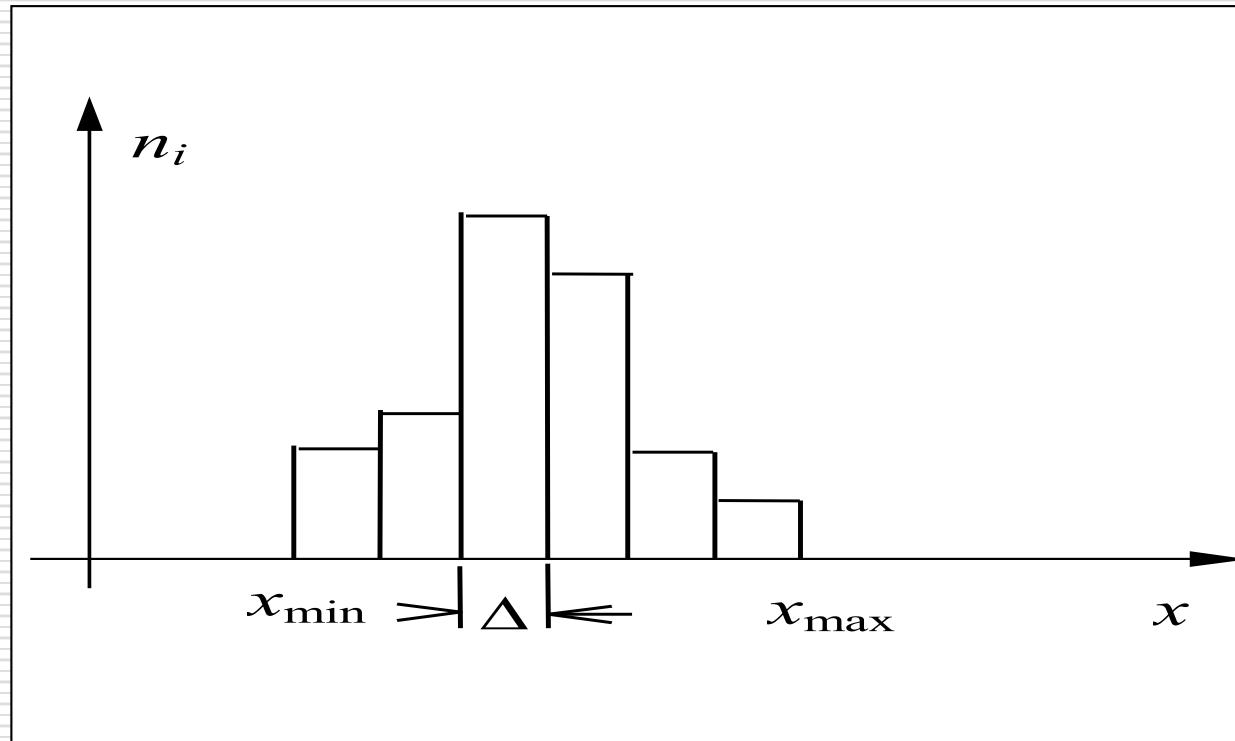
$$e = \pm \sqrt{\delta^2 + \varepsilon^2}$$

unde δ și ε sunt determinate pentru același nivel de încredere.
Rezultatul măsurării se prezintă sub forma

$$x = \bar{x} \pm e, P=0,95 \text{ (sau } P=0,99)$$

Reprezentarea rezultatelor sub formă de histogramă

Histograma - reprezentare sub formă de dreptunghiuri a numărului de rezultate din fiecare din intervalele în care a fost împărțită plaja rezultatelor obținute.



Definiții particularizate pentru semnalele periodice

Valoarea medie

$$X_{med} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} x(t) dt$$

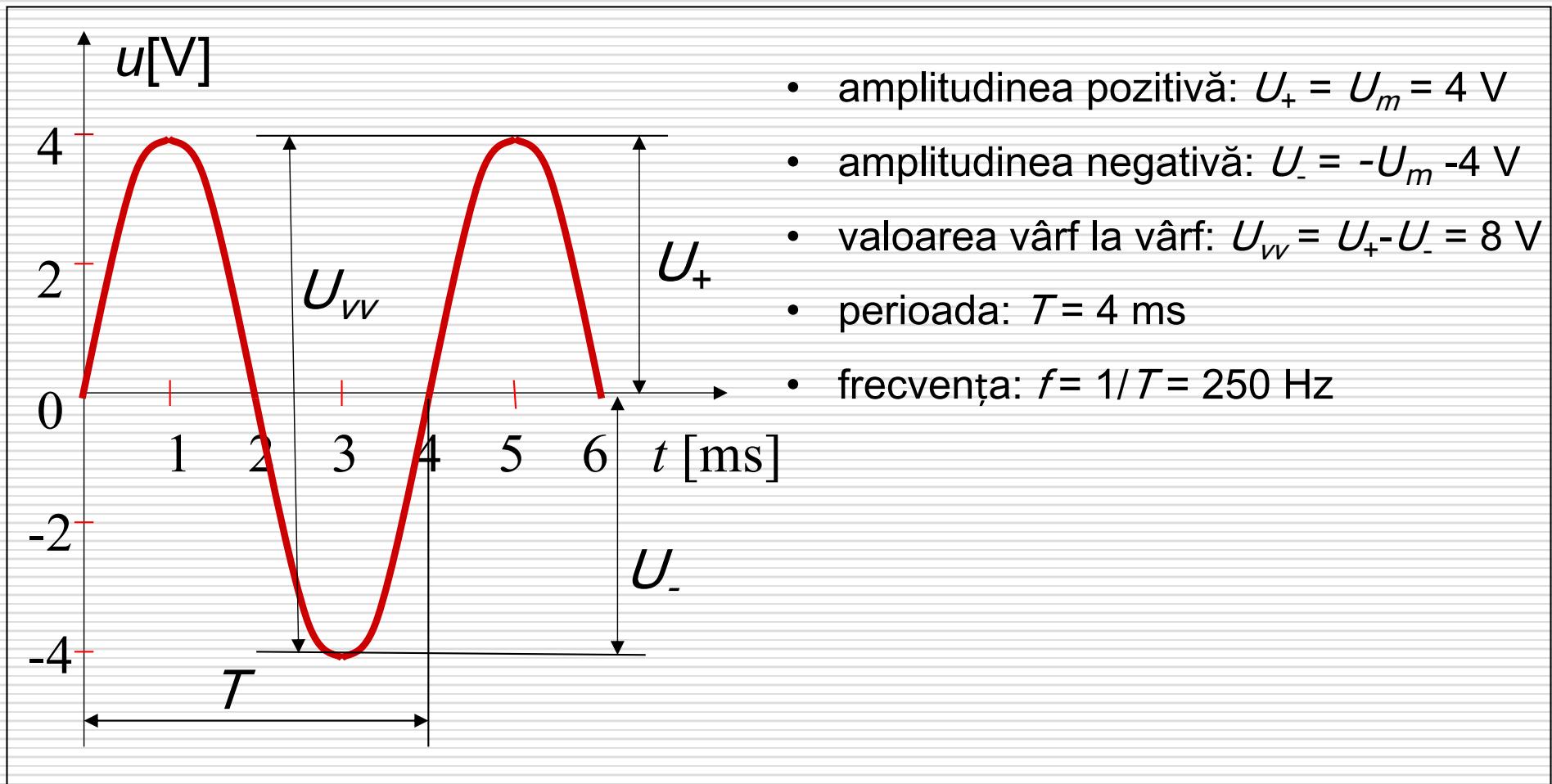
Valoarea efectivă

$$X_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} x^2(t) dt}$$

Observație. Integralele trebuie calculate pentru o perioadă a semnalului, momentul de început (t) putând fi ales arbitrar astfel încât calculele să rezulte cât mai simple.

Semnale – parametri caracteristici

Exemplu. $u = U_m \sin(2\pi ft)$, cu $U_m = 4$ V și $f = 250$ Hz

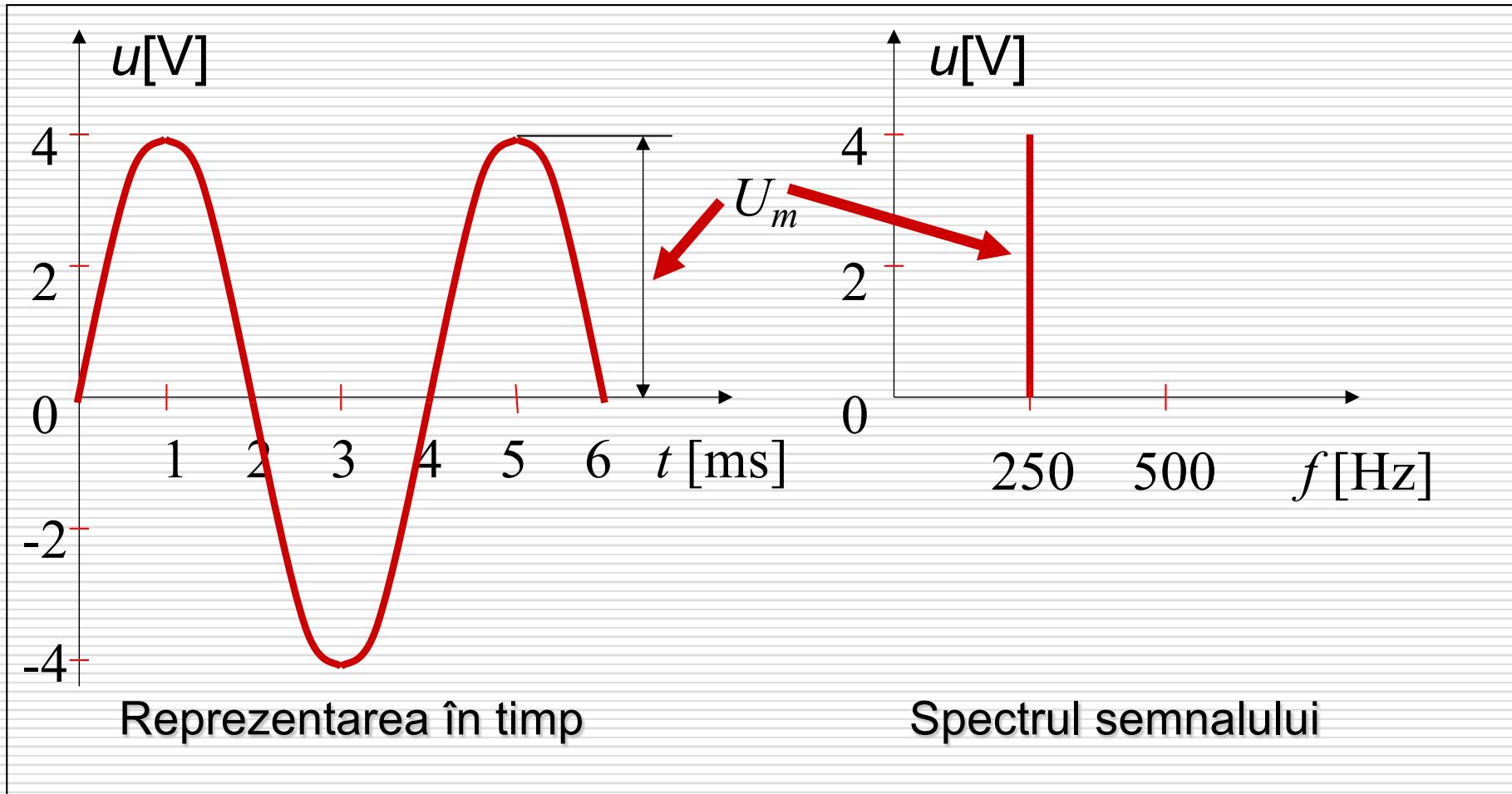


Semnalele - reprezentări

- în funcție de timp (reprezentare în *domeniul timp*)
- în funcție de frecvență (reprezentare în *domeniul frecvență*, care redă așa-numitul *spectru* al semnalului).

Măsurandul

Exemplu: $u = U_m \sin(2\pi ft)$, cu $U_m = 4$ V și $f = 250$ Hz.

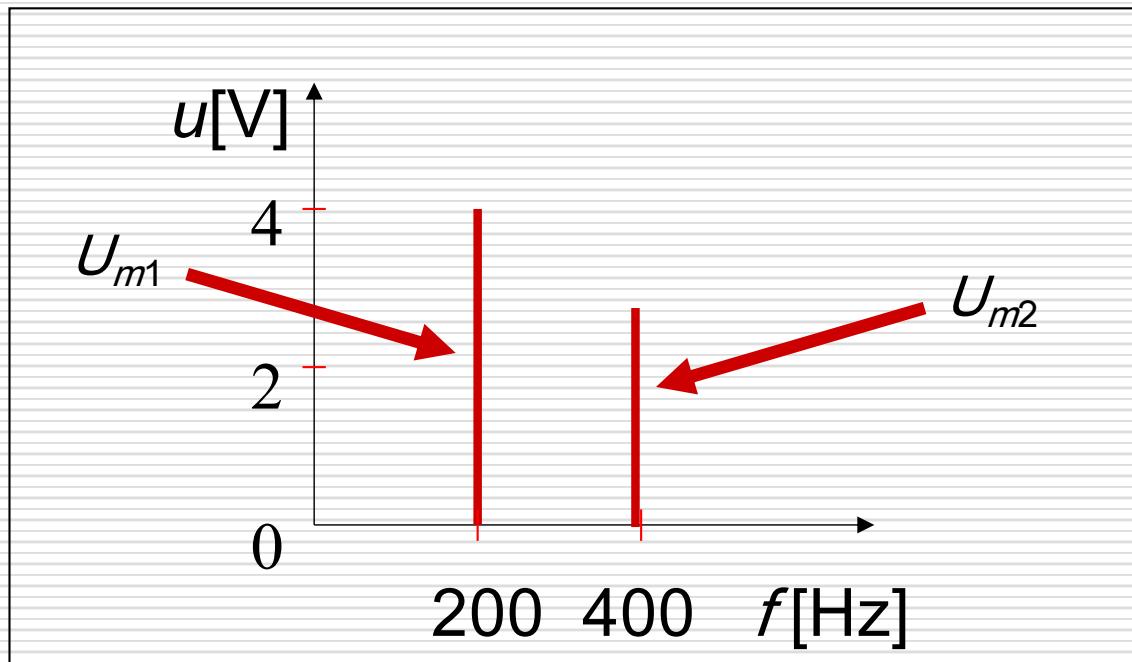


Măsurandul

Semnalul

$$u(t) = U_{m1}\sin(400\pi t) - U_{m2}\sin(800\pi t),$$

cu $U_{m1} = 4 \text{ V}$ și $U_{m2} = 3 \text{ V}$ are spectrul din figură:



Metoda de măsurare

Metoda de măsurare

Metoda de măsurare - totalitatea procedeelor folosite pentru obținerea informației de măsurare.

Metode de măsurare

- directe
- indirecte

Măsurare directă - indicația unui aparat de măsurat

Măsurare indirectă - rezultatul măsurării se obține prin calcul, în funcție de rezultatele unor măsurări directe. Exemplu: $P = U \times I$.

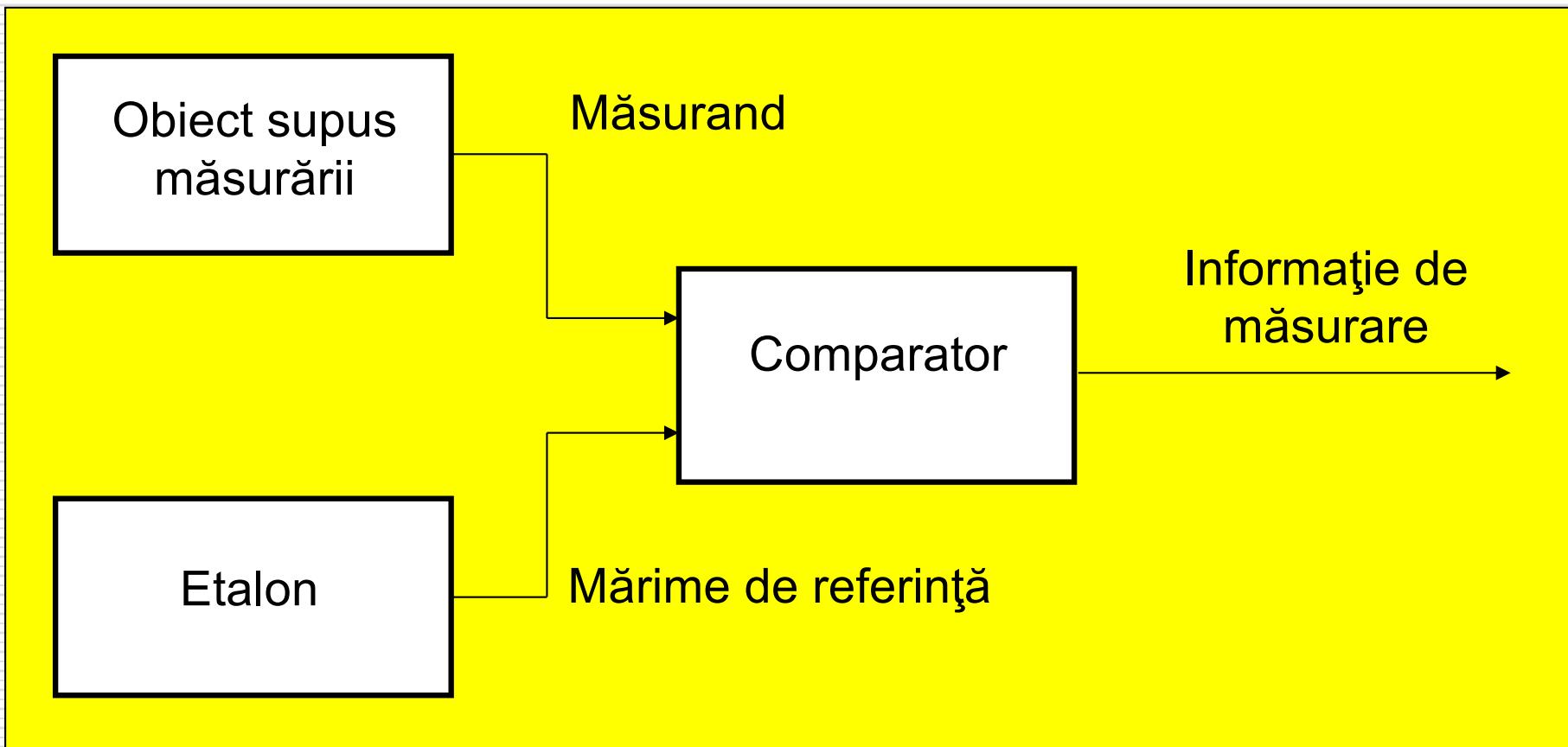
Metoda de măsurare

Orice măsurare (directă) este o comparație a măsurandului cu o *mărime de referință*, furnizată de un *etalon*.

Comparația se poate face *simultan* sau *succesiv*.

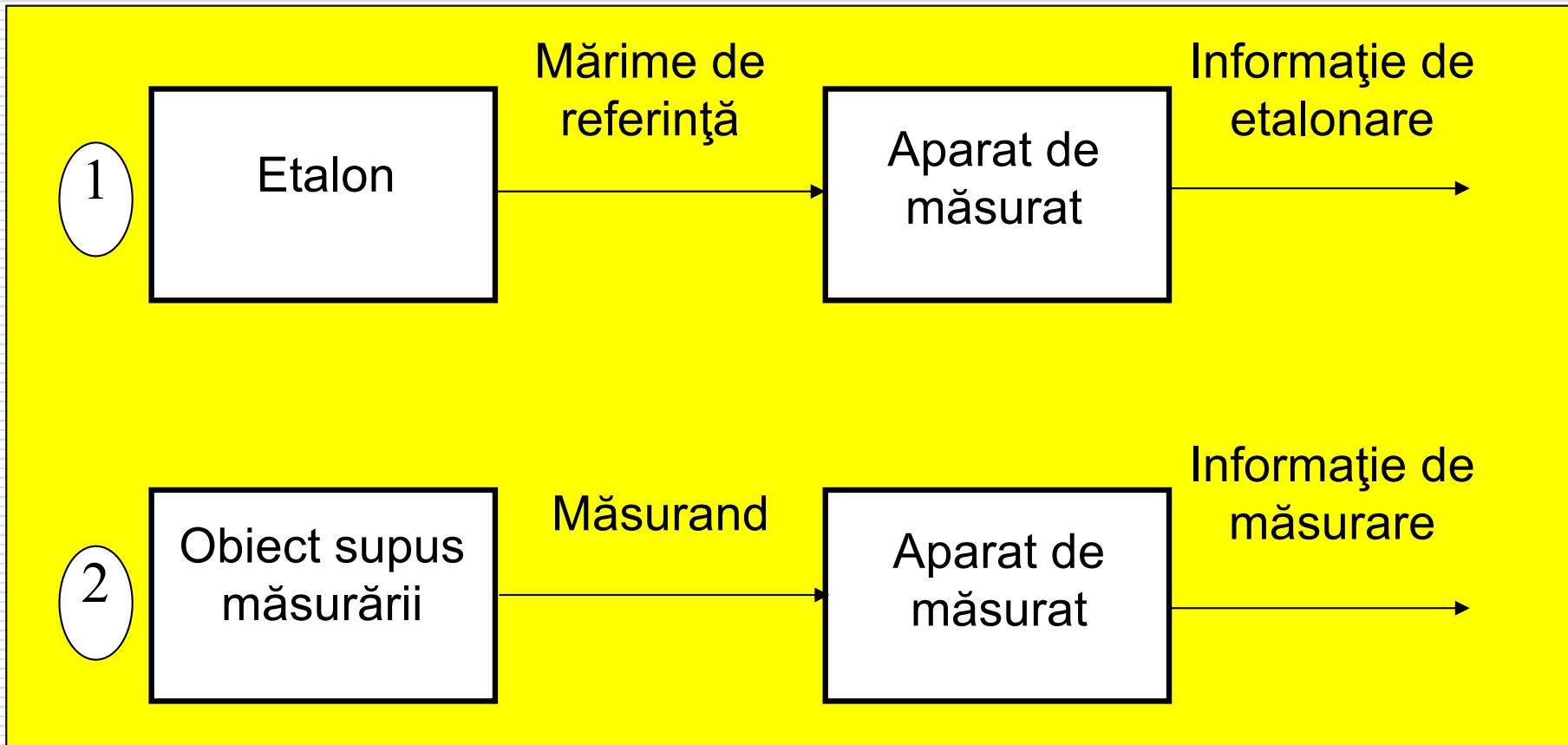
Metoda de măsurare

Comparația simultană



Metoda de măsurare

Comparația succesivă – două etape



Etalonul

Etalonul

Etalonul este un mijloc de măsurare destinat definirii, conservării sau determinării uneia sau mai multor valori cunoscute ale unei mărimi, pentru a servi drept referință în compararea cu alte mijloace de măsurare.

Uniformitatea și compatibilitatea măsurărilor în orice loc și în orice moment necesită etaloane:

- de *definiție*
 - de *conservare*
 - de *transfer*.
-

Etalonul

Etaloanele de definiție generează principalele unități de măsură, în conformitate cu definițiile lor.

Etaloanele de conservare mențin unitățile de măsură constante în timp (de văzut la laborator: rezistor etalon).

Etaloanele de transfer permit corelarea între ele a unităților de măsură, derivarea altor unități de măsură, extinderea la multipli și submultipli ai unităților de măsură și trecerea de la regim static la regim dinamic.

Exemplu

Etalonul de definiție
pentru kilogram este
prototipul internațional
al kilogramului.



Mijloacele de măsurare

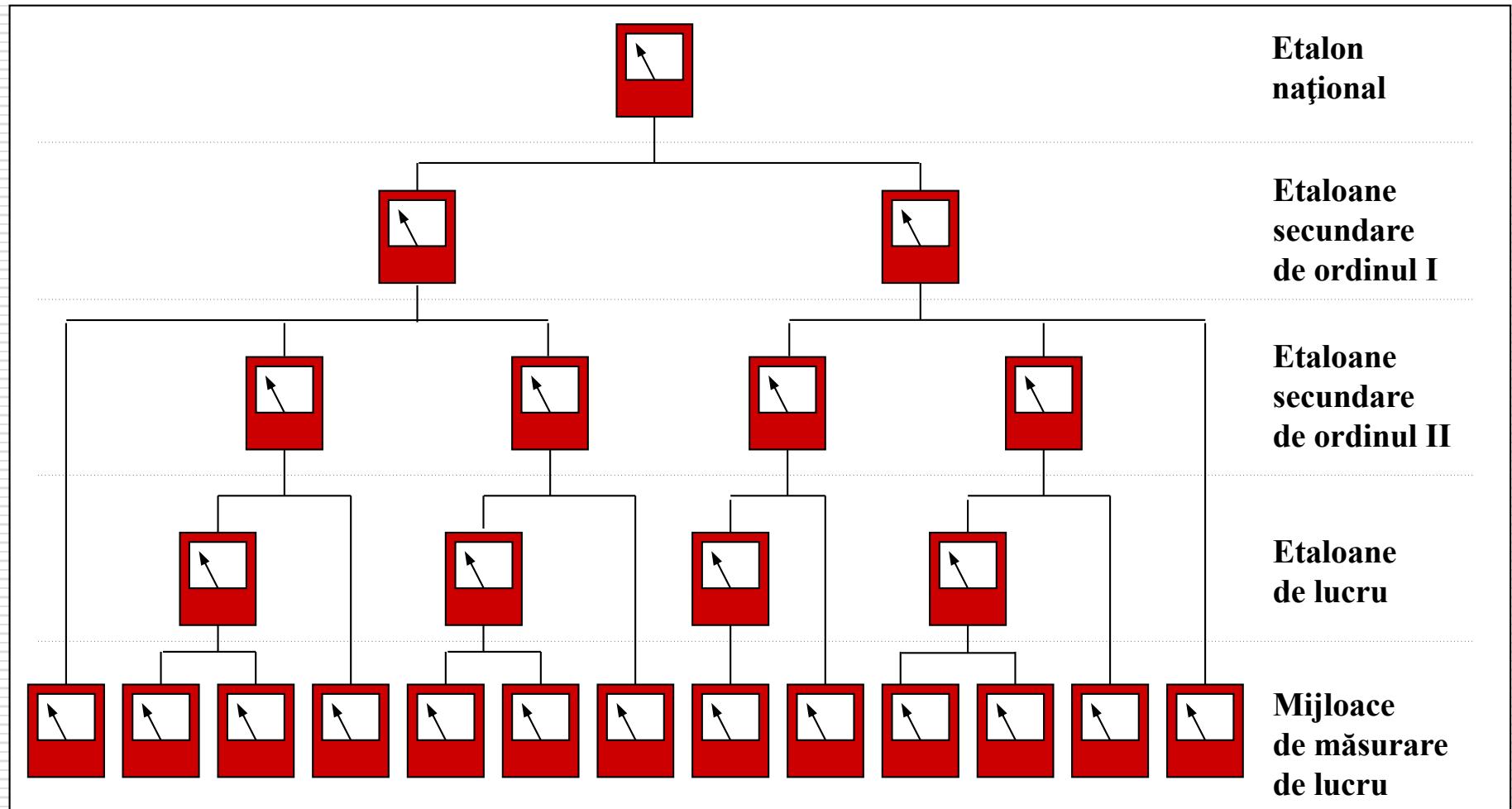
Calibrarea mijloacelor de măsurare și transmiterea unităților de măsură

Calibrarea - compararea mijlocului de măsurare cu un etalon de precizie superioară, cu scopul de gradare, verificare și/sau ajustare a mijlocului de măsurare.

Mijloacele de măsurare trebuie calibrate periodic, pentru menținerea erorilor instrumentale în limitele erorilor tolerate.

Mijloacele de măsurare

Calibrarea mijloacelor de măsurare și transmiterea unităților de măsură



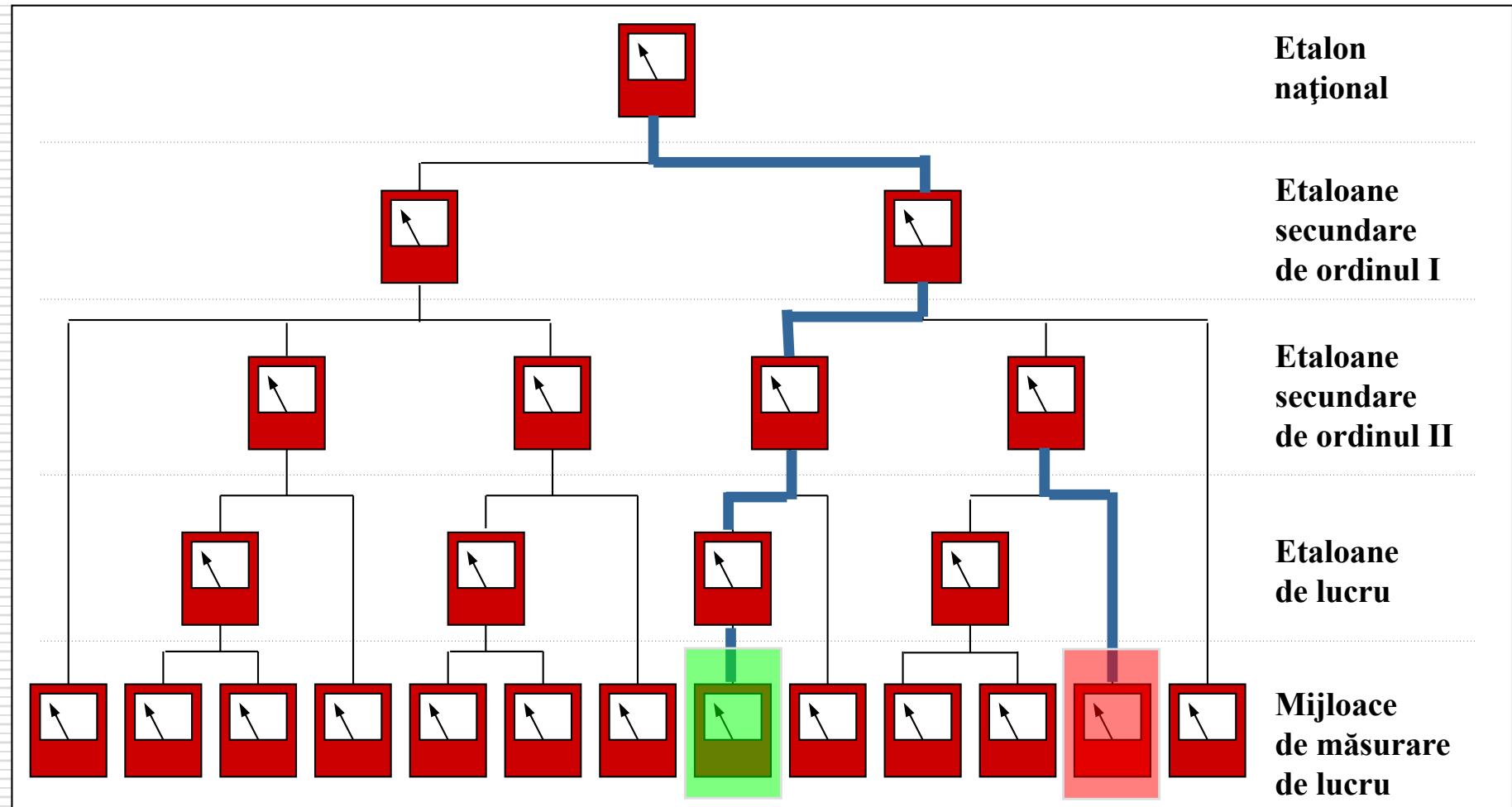
Transmiterea unităților de măsură

Trasabilitatea - posibilitatea de raportare a unei măsurări, prin lanțul (neîntrerupt) de calibrări conform schemei de transmitere a unității, până la etalonul primar.

Rezerva de precizie - raportul dintre incertitudinea mijlocului de măsurare supus calibrării și incertitudinea de etalonare.

Mijloacele de măsurare

Calibrarea mijloacelor de măsurare și transmiterea unităților de măsură - trasabilitatea



Concluzii

- Măsurarea – importantă latură a activității umane
 - Erorile de măsurare – prezență inevitabilă
 - Cunoașterea mijloacelor și metodelor de măsurare permite ținerea sub control a erorilor de măsurare, cu scopul de a obține rezultatele dorite în diferitele domenii de activitate.
-